

EXPERIENCIAS PARA OBSERVAR EL FENÓMENO DE FLUORESCENCIA CON LUZ ULTRAVIOLETA

Santiago Heredia Avalos

Departament de Física, Enginyeria de Sistemes i Teoria del Senyal, Universitat d'Alacant, Apartat 99, E-03080 Alacant, España.

[Recibido en Junio de 2008, aceptado en Julio de 2008]

Palabras clave: fluorescencia; luz ultravioleta; experiencias de química; materiales y reactivos caseros; demostraciones de química.

La fluorescencia tiene lugar cuando una sustancia emite luz visible al absorber radiación de una longitud de onda menor, como por ejemplo luz ultravioleta. La diferencia entre la energía absorbida (del fotón ultravioleta) y la emitida (del fotón visible) se disipa en forma de calor. Se dice que la sustancia posee fluorescencia cuando este proceso es muy rápido; si es más lento se dice que la sustancia posee fosforescencia. A continuación se describen varias experiencias sencillas para poner de manifiesto el fenómeno de fluorescencia. Todas ellas requieren de reactivos y materiales fácilmente accesibles y asequibles y se pueden realizar con alumnos de secundaria o de bachillerato para poner de manifiesto este fenómeno. Además, también se propone una experiencia en la que se observa la reversibilidad de las reacciones químicas ácido-base a través de la fluorescencia.

Para realizar estas experiencias se necesita: agua tónica, vinagre (ácido acético, CH_3COOH), amoníaco (NH_3), una hoja de espinaca (o cualquier otro vegetal que contenga clorofila), curry o cúrcuma, sal común (NaCl), alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), una maza, un mortero, un embudo, papel de filtro de café, varios vasos y una lámpara de luz ultravioleta.

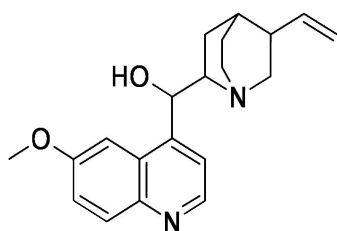


Figura 1.- Molécula de quinina ($\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{N}_2\text{O}_2$).

Se pueden encontrar lámparas de luz ultravioleta, similares a las lámparas fluorescentes, en tiendas de electricidad e iluminación; también se llaman lámparas de luz negra. Se suelen usar en la iluminación de locales nocturnos (bares y discotecas), para la detección de billetes falsos o en la construcción de trampas de mosquitos. Estas lámparas emiten principalmente luz ultravioleta y una parte de luz visible de color violeta. El resto de reactivos y materiales son fácilmente accesibles.

El agua tónica es una bebida que contiene entre 25 y 60 ppm de quinina (O'Reilly, 1975), que es la sustancia responsable del sabor amargo de esta bebida. La quinina es una molécula orgánica (véase la figura 1) en la que se puede observar el fenómeno

de fluorescencia cuando ésta se ilumina con luz ultravioleta y se encuentra en medio ácido, como en el agua tónica.



Figura 2.- Arriba: dos vasos, el de la izquierda con agua tónica y el de la derecha con agua del grifo. Abajo: los mismos vasos, pero cuando son iluminados con luz ultravioleta.

Para hacer esta experiencia llenamos un vaso con agua del grifo y otro con agua tónica. Ambos líquidos son incoloros cuando se iluminan con luz natural. Conviene que el agua tónica no contenga gas para evitar posibles derrames de líquido en el desarrollo de la experiencia y para que las diferencias entre ambos vasos sean inexistentes a la luz natural. En una sala a oscuras se iluminan los dos vasos con una lámpara de luz ultravioleta. Se observa que el agua tónica emite luz visible blanco-azulada, mientras que no se observa cambio alguno en el agua del grifo, tal y como se muestra en la figura 2. De hecho, la fluorescencia de la quinina se utiliza para determinar cuantitativamente su concentración en una muestra problema (O'Reilly, 1975). Lo que ocurre es que la quinina presente en el agua tónica absorbe la luz ultravioleta, que no somos capaces de ver, y emite posteriormente luz blanco-azulada, que sí podemos ver. Este proceso es muy rápido de ahí que el agua tónica deje de emitir luz visible nada más apagar la lámpara de luz ultravioleta. Se puede añadir el grado de

teatralidad que se quiera a la demostración, por ejemplo, se podría bromear comentando que el vaso con agua tónica es "agua radiactiva" y acabar bebiéndonos el contenido de ambos vasos ante la sorpresa del público.

Se puede hacer otra experiencia con el agua tónica, que pone de manifiesto la reversibilidad de las reacciones químicas ácido-base. Si se añade al agua tónica unas gotas de amoniaco dejará de ser fluorescente. Esto se debe a que al añadir el amoniaco a la quinina se produce la reacción:



donde R representa la molécula de quinina a excepción del grupo OH. Cuando esto sucede, se modifica la estructura electrónica de la molécula de quinina, haciendo desaparecer el fenómeno de fluorescencia. Para conseguir que el agua tónica vuelva a ser fluorescente basta con añadir unas gotas de vinagre, pues con ello la molécula de quinina adquiere de nuevo la estructura electrónica con fluorescencia. Merece la pena destacar que no se puede usar ácido clorhídrico (salfumant) para reactivar la fluorescencia, pues como se verá seguidamente los iones cloruro atenúan la fluorescencia.

También se puede conseguir un efecto muy llamativo transformando un líquido no fluorescente en otro fluorescente y viceversa, procediendo de la siguiente forma. En un vaso añadimos unos 5 ml de amoníaco y en otro añadimos unos 10 ml de vinagre. Conviene que las cantidades añadidas sean pequeñas para que parezca que los vasos están vacíos y, además, ha de usarse más cantidad de vinagre que de amoníaco. A continuación se toma un tercer vaso con agua tónica y, con la sala a oscuras, se enciende la lámpara de luz ultravioleta y se vierte lentamente el contenido sobre el vaso que contiene el amoníaco. Cuando el agua tónica entra en contacto con el amoníaco pierde rápidamente la fluorescencia. Seguidamente se toma el vaso de agua tónica con amoníaco, que ha perdido la fluorescencia, y se vierte sobre el vaso que contiene vinagre, de forma que cuando el agua tónica entra en contacto con el vinagre se vuelve otra vez fluorescente.

La fluorescencia de la quinina se puede potenciar si ésta se encuentra en una disolución diluida entre 0.05 y 0.1 M de ácido sulfúrico (O'Reilly, 1975), que puede prepararse a partir del ácido sulfúrico que se usa para las baterías de coches y motos. Por el contrario, se puede atenuar la fluorescencia añadiendo iones cloruro al agua tónica (O'Reilly, 1975). Así es, si se añaden unos mililitros de una disolución de agua con sal común observaremos cómo el agua tónica deja de ser fluorescente. De hecho, la presencia de iones cloruro en una muestra problema interfiere en la determinación cuantitativa de la quinina.

Es sencillo encontrar otras sustancias que posean fluorescencia. Las plantas contienen unos pigmentos denominados clorofilas, responsables de su color verde. En la naturaleza se pueden encontrar varios tipos de clorofilas, si bien la clorofila-a es la que se encuentra de forma universal en todas las plantas. Las clorofilas son moléculas orgánicas complejas (en la figura 3 se muestra la estructura de la clorofila-a) que presentan fluorescencia cuando se iluminan con luz ultravioleta. Para hacer esta experiencia se toma una hoja de espinaca, se trocea finamente y se machaca junto con alcohol etílico en un mortero con una maza, obteniendo así un extracto que contiene clorofila. A continuación se filtra el extracto con un embudo y papel de filtro de café. El color del extracto obtenido es verde

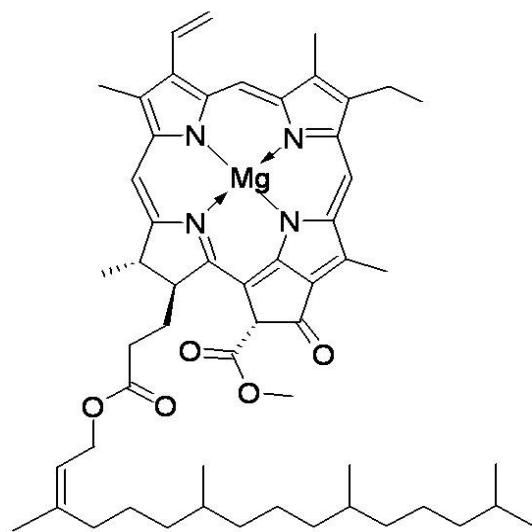


Figura 3.- Molécula de clorofila-a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$).

intenso al iluminar con luz natural. Esto se debe a que cuando la clorofila se ilumina con luz natural, absorbe la mayor parte de los colores del espectro visible a excepción de la región verde, de ahí que el extracto se vea de este color. Sin embargo, si se ilumina el extracto de clorofila en una sala a oscuras con una lámpara de luz ultravioleta, se observa un cambio radical en su color: emite luz visible de color rojo, tal y como se muestra en la figura 4. La explicación de este fenómeno es similar a la enunciada para la fluorescencia del agua tónica. La clorofila absorbe la luz ultravioleta, que no vemos, y emite luz visible, pero esta

vez de color rojo. Nótese que no hay que confundir el fenómeno de fluorescencia, absorción de luz ultravioleta y emisión posterior de luz visible, con el color de una sustancia cuando es observada con luz natural, pues en este último caso, el color observado se debe a que la sustancia absorbe la mayor parte de los colores del espectro visible a excepción de la región o regiones correspondientes al color observado.

El curry o la cúrcuma contienen otra sustancia fluorescente, la curcumina, que confiere a estas especias su característico color amarillo cuando se ilumina con luz natural. Esto se debe a que cuando la curcumina se ilumina con luz natural, absorbe la mayor parte de los colores del espectro visible a excepción de la región amarilla, de ahí que el extracto se vea de este color.

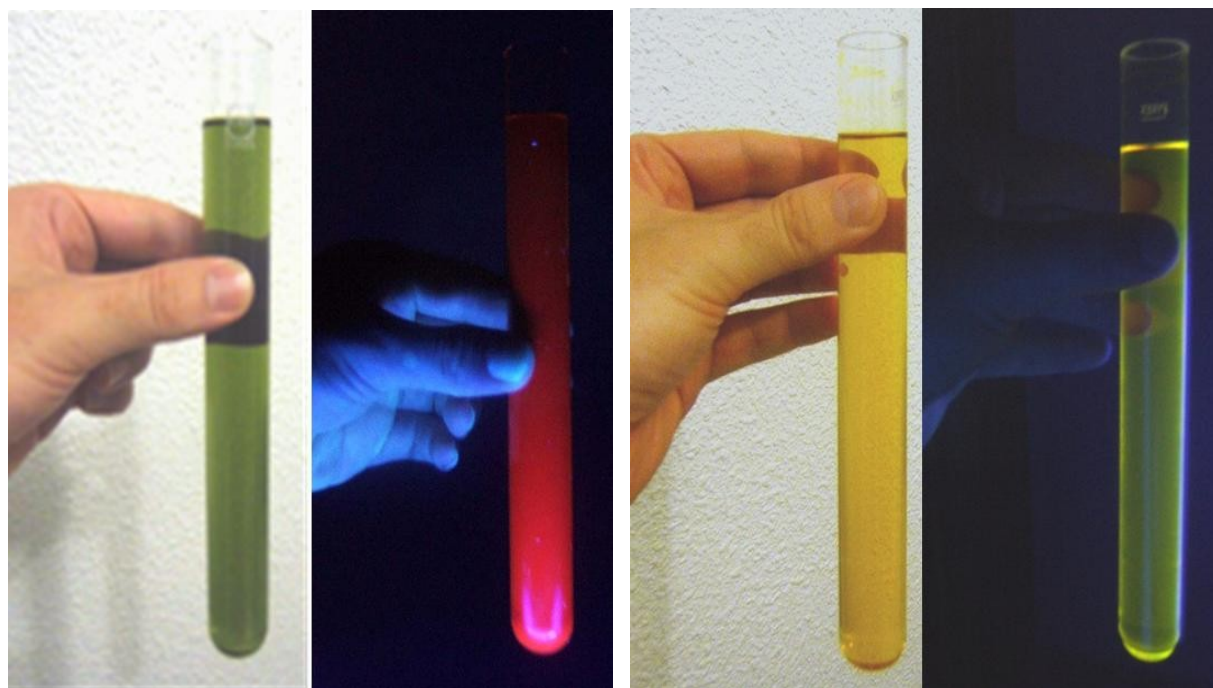


Figura 4.- A la izquierda: extracto de espinacas iluminado con luz solar. A la derecha: el mismo extracto iluminado con luz ultravioleta.

Figura 5.- A la izquierda: extracto de curcumina iluminado con luz solar. A la derecha: el mismo extracto iluminado con luz ultravioleta.

Para obtener el extracto de curcumina se puede seguir el procedimiento que ya se detalló en un trabajo anterior (Heredia Avalos, 2006). Una vez obtenido el extracto de curcumina, si éste se ilumina en una sala a oscuras con la lámpara de luz ultravioleta, se observa que emite luz amarilla (véase la figura 5). En este caso, la curcumina absorbe la luz ultravioleta, que no vemos, y emite luz visible de color amarillo.

Otras sustancias fluorescentes fácilmente accesibles son: la leche y sus derivados, el arroz, el azúcar, la vaselina y los aceites en general, etc.; todos ellos contienen moléculas orgánicas que poseen fluorescencia (Sádecká y Tóthová, 2007). De hecho, el espectro de fluorescencia de los aceites se utiliza para determinar el tipo y calidad del aceite de oliva: aceite de oliva virgen, aceite de oliva o aceite de orujo de oliva (Guimet *et al.*, 2005). Se

puede probar con otras sustancias para comprobar si son o no fluorescentes, esto es, si emiten luz visible cuando son iluminados con luz ultravioleta. Las diferencias entre sustancias fluorescentes y otras que no lo son pueden resultar muy llamativas. Por ejemplo, resulta curioso comprobar cómo emiten luz un par de granos de arroz semienterrados en un montón de sal común (que no es fluorescente), cuando son iluminados con luz ultravioleta en una sala a oscuras, o cómo, en estas mismas condiciones, un montón de azúcar emite luz mientras que otro de sal común no lo hace, a pesar de que son indistinguibles cuando se observan con luz natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HEREDIA AVALOS, S. (2006). Experiencias sorprendentes de química con indicadores de pH caseros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1) pp. 89-103. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista/>
- GUIMET, F; FERRÉ, J; BOQUÉ, R; VIDAL, M. y GARCIA, J. (2005). Excitation-emission fluorescence spectroscopy combined with three-way methods of analysis as a complementary technique for olive oil characterization, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 pp. 9319-9328.
- O'REILLY, J. E. (1975). Fluorescence experiments with quinine. *Journal of Chemical Education*, 52 pp. 610-612.
- SÁDECKÁ J. y TÓTHOVÁ, J. (2007). Fluorescence Spectroscopy and Chemometrics in the Food Classification – a Review, *Czech Journal of Food Science*, 25, pp. 159-173. En línea en: <http://journals.uzpi.cz:8050/web/cjfs.htm>

EXPERIENCES TO OBSERVE THE PHENOMENON OF FLUORESCENCE WITH ULTRAVIOLET LIGHT

Keywords: *fluorescence; ultraviolet light; chemistry experiments; home materials and reagents; chemical demonstrations.*